

<https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.2022.48371>

Depredación, reproducción y desarrollo de la catarina *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae)

Jennifer Naranjo-Acosta^{1,3*};  <https://orcid.org/0000-0001-9458-5123>

Daniel Camilo Díaz-Mesa¹;  <https://orcid.org/0000-0002-2427-7851>

Clara Inés Melo-Cerón^{2,3};  <https://orcid.org/0000-0002-6580-5390>

Maria R. Manzano^{1,3};  <https://orcid.org/0000-0002-0858-2426>

1. Departamento de Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (UNALP), Valle del Cauca, Colombia; jnaranjoa@unal.edu.co (*Correspondencia), dacdiazme@unal.edu.co, mrmanzanom@unal.edu.co
2. Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (UNALP), Valle del Cauca, Colombia; cimeloc@unal.edu.co
3. Centro de Investigación e Innovación en Bioinformática y Fotónica (CIBioFi), Universidad del Valle, Cali, Colombia.

Recibido 11-X-2021. Corregido 02-V-2022. Aceptado 05-IX-2022.

ABSTRACT

Predation, reproduction, and development of the lady beetle *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae)

Introduction: Keeping populations of predatory insects in the agroecosystem by offering them prey, as well as food resources from plants, is important for enhancing conservation biological control.

Objective: To determine if the consumption of prey and floral food resources enhances the biological attributes of the predator *Hippodamia convergens*.

Methods: We fed the beetle larvae two species of aphids; and the adults were fed aphids, maize tassels, and two non-cultivated plant species. We checked gut sugar in the predator by the cold anthrone test and pollen presence by the acetolysis method. Demographic experiments were done in the first 40 days after female emergence, under controlled conditions (25 °C ± 0.5; 75 % ± 1.75 Relative Humidity; Light 12 h; Darkness 12 h).

Results: *H. convergens* did not consume fructose, but only pollen from *Sorghum halepense*, *Parthenium hysterophorus* or *Zea mays*. Developmental time (egg-adult) of the predator was shorter (21.4 days) when it consumed *Rhopalosiphum maidis* than *Uroleucon nigrotibium* (24.6 days); survival (L1-adult) and sex ratio did not change. Average fecundity was higher (55.5 eggs / 40 days) when consuming *U. nigrotibium* with pollen from *P. hysterophorus*, than *U. nigrotibium* (22.5 eggs / 40 days) or *R. maidis* with pollen from *Zea mays* (11 eggs / 40 days). The intrinsic rate of natural growth was higher when consuming *U. nigrotibium* with pollen from *P. hysterophorus* (0.055), than *U. nigrotibium* (0.034) or *R. maidis* with pollen from *Z. mays* (0.019). Predation rate (L1-L5) was higher when consuming *R. maidis* (0.65) than *U. nigrotibium* (0.51).

Conclusions: Aphid prey species and its combination with pollen from maize and non-cultivated plants affected development time, reproduction, and predation rate of *H. convergens*.

Key words: acetolysis; aphid; anthrone; biological control; conservation; pollen.



INTRODUCCIÓN

La familia de escarabajos Coccinellidae agrupa especies generalistas que se alimentan de diferentes familias de insectos, pero también pueden explotar recursos alimenticios derivados de las plantas como hojas (Giorgi et al., 2009), polen (Lundgren et al., 2004; Lundgren & Wiedenmann, 2004), néctar floral y extrafloral (Narváez et al., 2012). Diversos estudios han mostrado que la calidad del alimento consumido por los coccinélidos afecta su historia de vida (Bouvet et al., 2019; Lundgren, 2009) e incide en sus variables reproductivas y poblacionales (Castro-Guedes et al., 2016). Dentro de este amplio espectro alimenticio, algunos Coccinellidae muestran una preferencia por los áfidos lo que contribuye a suprimir sus poblaciones (Obrycki et al., 2009; Weber & Lundgren, 2009). El estudio de la interacción coccinélidos-áfidos desde un punto de vista nutricional permite desarrollar estrategias de control biológico más adecuadas (Hosseini et al., 2019; Li et al., 2015).

Los áfidos *Aphis gossypii* Glover 1877 y *Myzus persicae* (Sulzer 1776) (Simbaqueba & Serna, 2021) son las únicas especies de áfidos plagas del cultivo de ají *Capsicum* spp. (Solanaeae) (Tálaga-Taquinas et al., 2020), que ocasionan pérdidas económicas al transmitir virus (Nemes & Salánki, 2020). Su principal método de control es la aspersión de insecticidas (Santos et al., 2017), causando perturbaciones ambientales (Guigón-Guigón & González-González, 2007) y contaminación por trazas en los frutos (Chilumuru et al., 2015), por lo que es necesario desarrollar estrategias más amigables como el control biológico. Alrededor de los cultivos crece vegetación espontánea o maleza (Bischoff et al., 2016), proporcionando heterogeneidad espacial al hábitat e impactando positivamente en la abundancia y riqueza de los depredadores (Moreira et al., 2015; Thomson & Hoffman, 2013), lo que hace posible seleccionar y preservar plantas que favorezcan la supervivencia y permanencia de coccinélidos en el agroecosistema. Amaral et al. (2013) reportaron una mayor abundancia de depredadores

afidófagos en plantas no cultivadas dentro o alrededor del cultivo de ají, especialmente adultos y larvas de coccinélidos en flores y en nectarios extraflorales. Estos afidófagos buscan fuentes alimenticias alternas cuando las poblaciones de áfidos disminuyen o cuando se afectan negativamente en sus interacciones depredador-presa (Evans, 2009). El desarrollo de estrategias que permitan la conservación de enemigos naturales a través del fortalecimiento de cadenas tróficas en los agroecosistemas es cada día más apreciado (Dáttilo & Rico-Gray, 2018), porque reduce la perturbación asociada a la aplicación de insecticidas para el control de plagas y a la simplificación del paisaje (Begg et al., 2017; Bianchi et al., 2006), dos características típicas de los sistemas de cultivos. Por esto, es importante entender la interacción entre los enemigos naturales y los recursos alimenticios no provenientes del cultivo blanco para desarrollar estrategias adecuadas de control biológico por conservación.

Nuestro modelo de estudio conocido como la mariquita convergente *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville 1842, y su relación con las especies de plantas no cultivadas en el agroecosistema de ají *Capsicum* spp.: *Sorghum halepense* Linnaeus, Pers. 1805 (Poaceae), *Parthenium hysterophorus* Linnaeus 1753 (Asteraceae) y *Zea mays* Linnaeus 1753 (Poaceae), éstas dos últimas hospedan a los áfidos *Uroleucon nigrotibium* Olive 1963 y *Rhopalosiphum maidis* Fitch 1856, respectivamente. *Hippodamia convergens* es una especie de la región neártica (Phoofolo et al., 2007) que se distribuye también en zonas tropicales y subtropicales de Sudamérica (Jackson et al., 2010). Es considerado como un depredador importante de áfidos plaga en varios agroecosistemas (Junior et al., 2004; Michaud & Qureshi, 2006; Obrycki et al., 2009), y por tal razón es criado y liberado en invernaderos y pequeñas áreas cultivadas (Flint et al., 1998; Qureshi & Stansly, 2011) lo que indica su fácil reproducción *in situ* (Katsarou et al., 2005). Además su rápida dispersión en campo (Obrycki & Kring, 1998) permite que llegue fácilmente a las colonias de áfidos. Este coccinélido es una de las especies

dominantes en ensamblajes de depredadores asociados al cultivo de ají *Capsicum* spp. y a plantas no cultivadas que crecen naturalmente en este agroecosistema en el suroccidente colombiano (Melo-Cerón & Manzano, 2017). *Hippodamia convergens* es una especie generalista que se alimenta de áfidos, ácaros, escamas y moscas blancas (Chen et al., 2020) pero también puede nutrirse de alimentos que no son presas (Lundgren, 2009). Debido a que el depredador se hospeda en plantas no cultivadas, en presencia o ausencia de los áfidos, y que *U. nigrotibium* es un áfido grande (0.5-0.8 mm en promedio), vistoso y expuesto a la depredación, mientras que *R. maidis* es un áfido pequeño (0.1-0.3 mm) que se encuentra oculto dentro de la panícula de maíz, o expuesto en la inflorescencia, nuestra primera hipótesis es que *H. convergens* presenta una tasa de depredación en estado de larva más alta sobre *U. nigrotibium* y esto favorecería el desarrollo del coccinélido. Considerando que el adulto se alimenta de polen (Lundgren, 2009), nuestra segunda hipótesis es que la combinación alimenticia áfido más polen afecta positivamente la fecundidad del depredador dada la calidad nutricional extra que aporta el polen.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio y recolecta de insectos:

Los huevos y adultos del depredador *H. convergens* y las ninfas y adultos de *U. nigrotibium* se recolectaron en plantas de *P. hysterophorus* que crecieron naturalmente en una finca ubicada en el corregimiento de Tienda Nueva (3°33'52.6"N-76°13'48.0"W a 1 116 m.s.n.m.) y en el campus de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira (3°30'47.4"N-76°18'29.9"W a 1 001 m.s.n.m.) ambos en el Valle del Cauca, Colombia. El áfido *R. maidis* se recolectó de la estructura de prefloración de las plantas de maíz (*Z. mays*) sembrado en la finca de Tienda Nueva y en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Agrosvavia (3°31'16.9"N-76°18'31.3"W a 1 001 m.s.n.m.), también ubicada en Palmira, Valle del Cauca, Colombia.

Cría de *Hippodamia convergens* y áfidos *in situ*: Para la multiplicación y la alimentación *in situ* con el áfido *U. nigrotibium* (que se aloja naturalmente en plantas de *P. hysterophorus*), fueron seleccionadas cinco plantas de *P. hysterophorus* infestadas por cada jaula de malla (1 m de longitud × 1 m de ancho × 1.5 m de alto), en total se utilizaron cinco jaulas y en una de ellas se colocaron diez parejas de *H. convergens* para obtener sus huevos. *Uroleucon nigrotibium* se recolectó continuamente en campo en plantas de *P. hysterophorus*.

El áfido *R. maidis* se reprodujo mediante la infestación de quince plantas de maíz cada diez días, con cinco adultos del áfido por planta que se ubicaron sobre la estructura de prefloración masculina, en lotes de maíz (2 000 m²) con diferentes edades de siembra. Los insectos se conservaron en recipientes de plástico con tapa de tul (8.5 cm de diámetro × 8.3 cm de alto), sobre servilletas humedecidas y de esta forma se transportaron al Laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira para el estudio biológico de *H. convergens* en condiciones controladas.

Conservación de las inflorescencias en el laboratorio: Las ramas con inflorescencias de *P. hysterophorus* traídas de campo fueron preservadas hasta por tres días en cajas plásticas (35 cm ancho × 46 cm de longitud × 23 cm de alto) con servilletas húmedas dentro de una cámara ambientada (Humidity Panasonic Model MLR-351H-PA®) (25 °C ± 0.5, 75 % ± 1.75 HR, fotoperiodo L12:D12, y fotofase LS5-Light Storm). Las condiciones antes descritas de la cámara ambientada se utilizaron para todos los experimentos de este trabajo. Los pedúnculos de las inflorescencias de maíz fueron colocados dentro de recipientes plásticos (8.5 cm de diámetro × 8.3 cm de alto) con 2-3 mm de lámina de agua en un sitio aireado hasta su utilización. Las inflorescencias obtenidas fueron pesadas en una balanza (Mettler Toledo ME303, máx.: 320 g, d: 0.001 g) para proporcionar una cantidad conocida (1.65 g ± 0.027 de *P. hysterophorus* y 2.03 g ± 0.027 de maíz) a las parejas de *H. convergens*.



Determinación del consumo de polen o fructosa por *H. convergens*: Con base en la metodología de Amaral et al. (2013), los adultos de *H. convergens* recién emergidos sin sexar fueron individualizados y expuestos (dentro de viales de plástico transparente 20 x 10 cm, 500 mL, con ventilación) a inflorescencias de *S. halepense*, *P. hysterophorus* y *Z. mays* por dos horas para permitir su alimentación. Posteriormente fueron removidos y sumergidos en alcohol al 70 % para eliminar azúcar y/o polen de la superficie del cuerpo. Cada adulto fue individualizado en un microtubo de centrífuga de 1.5 ml, rotulado y preservado a -20 °C hasta su procesamiento. Se determinó el consumo de fructosa por el método cualitativo de antrona fría (Hernández et al., 2013), se agregaron 50 µl de solución de antrona a cada microtubo de centrífuga y se maceró el insecto con palillos plásticos desechables. Después de una hora el resultado fue expresado como positivo por el cambio de coloración del reactivo de antrona de amarillo a verde/azul oscuro, el cual se comparó con 5 controles positivos (azúcar más la solución de antrona). En total fueron realizadas 30 repeticiones y 100 controles negativos (adultos de dos horas de emergencia sin alimentar) por planta. Las mismas muestras de insectos expuestos a las inflorescencias más antrona, fueron utilizadas para determinar el consumo de polen mediante acetólisis (Erdtman, 1969). A cada microtubo de centrífuga se agregó 1 ml de ácido acético glacial, fue centrifugado (5 000 rpm/5 min) y retirado el sobrenadante, después se agregó 1 ml de mezcla acetolítica, y calentado a baño María a 80 °C/10 min, una vez frío fue centrifugado (5 000 rpm/5 min) y retirado el sobrenadante, repitiendo el primer paso. Posteriormente, se lavó el pellet que quedó en el tubo con agua destilada estéril, se centrifugó (5 000 rpm/5 min) y retiró el sobrenadante dos veces. Partes de los pellets fueron colocados en un portaobjetos y teñidos con safranina para determinar al microscopio (40X) la presencia/ausencia de polen. El polen observado fue comparado con el polen de las muestras florales para confirmar su procedencia.

Fecundidad de *H. convergens*: Se seleccionaron diez parejas de *H. convergens* recién emergidas (< 48 horas) y se individualizaron en recipientes plásticos redondos (de 8.5 cm de diámetro x 8.3 cm de alto). Los adultos provinieron de las larvas alimentadas con áfidos del experimento explicado más adelante. Los recipientes se adecuaron con un vaso plástico (2.5 cm de diámetro x 3.5 cm de alto), en su interior contenía una lámina de agua (1 ml, una servilleta de papel humedecida del tamaño del recipiente y dos trozos de madera (9 cm de longitud x 1.2 cm de ancho x 0.1 cm de alto) suspendidos sobre el vaso, como sustrato de oviposición. Cada pareja fue alimentada diariamente durante 40 días con diferentes dietas: tratamiento 1 (T1), 30 individuos de *U. nigrotibium*; tratamiento 2 (T2), 30 individuos de *U. nigrotibium* + 1.65 g de polen de *P. hysterophorus*; tratamiento 3 (T3), 40 individuos de *R. maidis*; y tratamiento 4 (T4), 40 individuos de *R. maidis* + 2.03 g de polen de *Z. mays*. Se estimó la fecundidad como el número de huevos ovipositados diariamente durante 40 días. Los adultos fueron conservados dentro de la cámara ambientada a las condiciones climáticas anteriormente mencionadas. La fecundidad se determinó y comparó entre tratamientos durante 40 días. Las posturas fueron retiradas, huevo por huevo con un pincel delgado y humedecido, y colocados sobre una servilleta en una caja Petri (8.2 cm de diámetro x 1.4 cm de alto), rotulada con los datos correspondientes (número de pareja, fecha de oviposición y número de huevos).

Tiempo de desarrollo, supervivencia de inmaduros y proporción sexual de *H. convergens*: Los huevos recién ovipositados por hembras alimentadas con las diferentes dietas (*U. nigrotibium* n = 135 huevos, *U. nigrotibium* con polen de *P. hysterophorus* n = 555 huevos, *R. maidis* con polen de *Z. mays* n = 55 huevos) fueron mantenidos en cajas Petri (8.2 cm de diámetro x 1.4 cm de alto) sobre papel humedecido en las mismas condiciones ambientales que los adultos. Fueron revisados diariamente para determinar el tiempo de eclosión.

Las larvas recién eclosionadas de *H. convergens* (≤ 48 horas) provenientes de los huevos recolectados en campo y mantenidos en cámara ambientada fueron individualizados en recipientes de plástico (3.6 cm de diámetro \times 4.5 cm de alto), con tapa de malla y con una servilleta humedecida en su interior. 80 larvas de *H. convergens* individualizadas, fueron alimentadas con 6-30 individuos de *U. nigrotibium* y, otras 80 larvas con 6-40 individuos de *R. maidis*; estadios larvales más desarrollados recibieron mayor cantidad de áfidos. Se determinó la duración de cada estadio larval (L) nombrado como L1, L2, L3, L4 o L5, prepupa, pupa y adulto. Se determinó el tiempo de desarrollo de huevo-adulto (días), la supervivencia estadio L1-adulto (%) y la proporción sexual de *H. convergens*.

Parámetros demográficos: Para determinar el efecto de la dieta en parámetros poblacionales de *H. convergens*, se determinó y comparó la supervivencia y fecundidad de grupos de hembras recién emergidas durante 40 días. Las hembras fueron alimentadas con ninfas y adultos de *U. nigrotibium* con/sin polen de *P. hysterophorus*, y de *R. maidis* con/sin polen de *Z. mays*. El tiempo de desarrollo, la supervivencia de los estadios inmaduros y la proporción de hembras se combinaron con datos experimentales de reproducción para crear tablas de vida " l_x-m_x ", para calcular la tasa intrínseca de crecimiento natural (r_m) de *H. convergens*. La edad inicial de las hembras se calculó con el tiempo de desarrollo huevo-adulto. La tasa intrínseca de crecimiento natural (r_m) se calculó mediante la ecuación (1) de Carey (1993):

$$(1) \sum \exp(-r_m x) l_x m_x = 1$$

Donde, x es la edad, l_x es la supervivencia a una edad específica, m_x es la proporción de hijas de una hembra a la edad x . De acuerdo con Carey (1993), la edad pivotal de $x+0.5$ se usó para calcular los valores del r_m .

Capacidad depredadora de las larvas de *H. convergens*: Fueron seleccionadas larvas de < 48 horas de edad e individualizadas en recipientes de plástico (3.6 cm de diámetro \times 4.5 cm de alto) y fueron alimentados diariamente con los áfidos *U. nigrotibium* (6-30 individuos/día) y *R. maidis* (6-40 individuos/día); la cantidad de presas varió de acuerdo con el desarrollo de la larva. Cada 24 horas fue registrado el número de áfidos no consumidos. El consumo de presas se basó en el modelo depredador-presa de Lotka-Volterra (Bacaër, 2011) y se determinó mediante la ecuación (2) para cada estadio y para el periodo larval completo. Este último fue calculado de la sumatoria del consumo diario desde el día de la eclosión (primer estadio), hasta el día de la pupación.

(2)

$$\text{Consumo de presas} = \frac{\text{Número de áfidos consumidos}}{\text{Número de áfidos ofrecidos}}$$

Análisis de datos: Para determinar el consumo de fructosa o polen, las comparaciones entre número de áfidos y número de coccinélidos entre plantas no cultivadas se realizaron a través de una prueba de chi-cuadrado (X^2) ($P < 0.05$), con la corrección de continuidad de Yates (Daya, 2001), debido a que no fueron recolectaron áfidos o coccinélidos en algunas plantas. Las diferencias significativas entre el número de coccinélidos alimentados versus no alimentados, fueron determinados a través de una prueba de X^2 ($P < 0.05$).

Los valores promedios de fecundidad, tiempo de desarrollo y duración de cada estado de desarrollo se acompañaron del error estándar (\pm EE). Previamente fue determinada la normalidad de los datos (test de Wilcoxon), y la homocedasticidad de la varianza (test de Levene). La supervivencia L1-adulto de *H. convergens* se evaluó con X^2 ($P < 0.05$). La duración de los estados inmaduros, el tiempo de desarrollo huevo-adulto y la proporción sexual de *H. convergens* alimentados con *U. nigrotibium* o *R. maidis*, fueron comparados con la prueba no paramétrica de Mann-Whitney Rank



Sum. La fecundidad se comparó con ANOVA en una vía seguida de la prueba de Tukey para comparar medias. La tasa de depredación de cada estadio de *H. convergens* fue comparada entre *U. nigrotibium* y *R. maidis* a través de Mann-Whitney Rank Sum. También se comparó la tasa de depredación entre estadios de *H. convergens* dentro de una misma dieta de áfidos, por medio de la prueba no paramétrica, Kruskal-Wallis, seguido del método de Dunn. Los resultados se analizaron a través de SigMaStat (Systat, 2016).

RESULTADOS

Consumo de fructosa y polen por *H. convergens* en plantas no cultivadas: Ningún adulto de *H. convergens* consumió fructosa de las inflorescencias de *Z. mays*, *S. halepense* o *P. hysterophorus* (n = 30 individuos/planta), un mayor número de adultos consumió polen de todas las plantas no cultivadas (Tabla 1).

TABLA 1
Consumo de polen por adultos de *Hippodamia convergens*

TABLE 1
Polen consumption by adults of *Hippodamia convergens*

Planta hospedera	n	Ingesta*	
		Si	No
<i>Sorghum halepense</i>	30	27	3
<i>Parthenium hysterophorus</i>	30	30	0
<i>Zea mays</i>	30	30	0
Total	90	87	3

*Chi-cuadrado ($\chi^2 = 6.205$, gl = 2, $P < 0.05$). / *Chi-squared test ($\chi^2 = 6.205$, gl = 2, $P < 0.05$).

Fecundidad de *H. convergens*: La fecundidad fue significativamente mayor al alimentarse de *U. nigrotibium* y de polen de *P. hysterophorus* que, cuando se alimentó de *R. maidis* y de polen de *Z. mays*. La fecundidad fue similar al alimentarse con *U. nigrotibium* o *R. maidis* con polen de *Z. mays* (Tabla 2). Sin embargo, las hembras alimentadas solo con *R.*

TABLA 2
Fecundidad de *H. convergens* (media \pm EE) alimentada durante 40 días con *Uroleucon nigrotibium* con/sin polen de *Parthenium hysterophorus* y *Rhopalosiphum maidis* con/sin polen de *Z. mays*, a 25 °C \pm 0.5; 75 % HR \pm 1.75; L12:O12 y fotofase LS5-Light Storm

TABLE 2
Fecundity of *H. convergens* (mean \pm SE) fed for 40 days with *Uroleucon nigrotibium* with/without *Parthenium hysterophorus* pollen and *Rhopalosiphum maidis* with/without *Z. mays* pollen, at 25 °C \pm 0.5; 75% HR \pm 1.75; L12:O12 and LS5-Light Storm photophase

Variable	Dietas			
	<i>U. nigrotibium</i> y polen de <i>P. hysterophorus</i>	<i>R. maidis</i> y polen de <i>Z. mays</i>	<i>U. nigrotibium</i>	<i>R. maidis</i>
**Fecundidad (huevos/hembra/40 días)	55.5 \pm 9.53 a	11.0 \pm 2.74 b	22.5 \pm 5.30 b	No oviposité
Rango	45.97-65.03	8.26-13.74	17.20-27.80	No hay datos
n	10	5	6	
*§ Duración del huevo (días)	4.25 \pm 0.141 a	3.6 \pm 0.24 b	4.0 \pm 0.00 a	No oviposité
Rango	4.109-4.391	3.36-3.84	No hay datos	No hay datos
n	32	5	9	

* Letras diferentes entre columnas indican diferencias estadísticas significativas. * ANOVA ($F = 7.858$, gl = 2, $P = 0.004$); seguido de la prueba de Tukey. § Mann-Whitney Rank Sum Test, entre el consumo de *U. nigrotibium* con polen de *P. hysterophorus* y *U. nigrotibium* (U = 108, Z = -1.288, $P = 0.197$), entre *U. nigrotibium* con polen de *P. hysterophorus* y *R. maidis* con polen de *Z. mays* (U = 164, Z = -2.689, $P = 0.007$), entre *R. maidis* con polen de *Z. mays* y *U. nigrotibium* (U = 54, Z = -2.807, $P = 0.005$). / * Different letters between columns indicate statistically significant differences. * ANOVA ($F = 7.858$, df = 2, $P = 0.004$); followed by the Tukey test. § Mann-Whitney Rank Sum Test, between consumption of *U. nigrotibium* with pollen from *P. hysterophorus* and *U. nigrotibium* (U = 108, Z = -1.288, $P = 0.197$), between *U. nigrotibium* with pollen from *P. hysterophorus* and *R. maidis* with pollen from *Z. mays* (U = 164, Z = -2.689, $P = 0.007$), between *R. maidis* with pollen from *Z. mays* and *U. nigrotibium* (U = 54, Z = -2.807, $P = 0.005$).

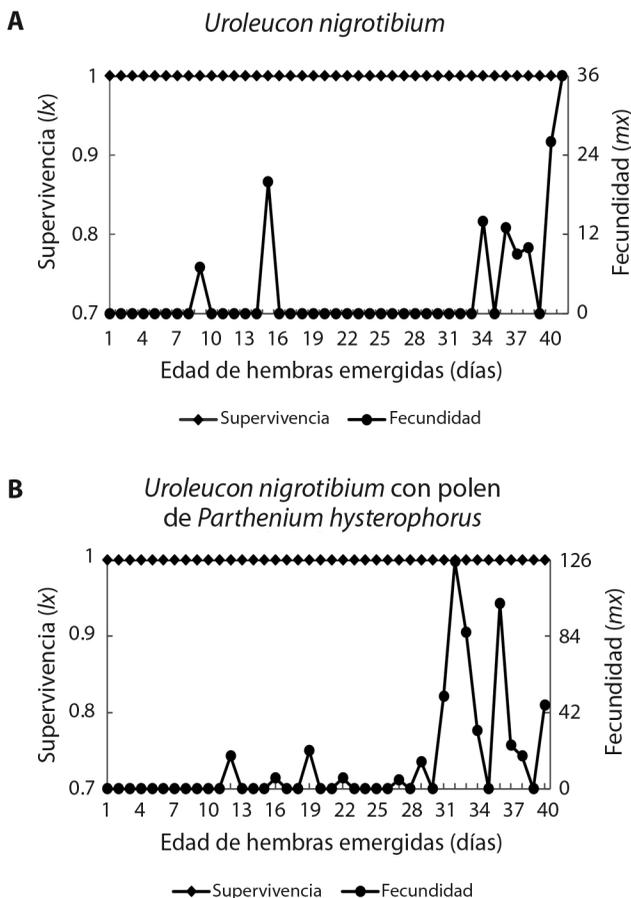


Fig. 1. Curvas de supervivencia y fecundidad de hembras de *Hippodamia convergens* alimentadas con **A.** *Uroleucon nigrotibium*, **B.** *Uroleucon nigrotibium* con polen de *Parthenium hysterophorus* (B). / **Fig. 1.** Survival and fecundity curves of females of *Hippodamia convergens* fed with **A.** *Uroleucon nigrotibium*, **B.** *Uroleucon nigrotibium* with *Parthenium hysterophorus* pollen.

maidis no ovipositaron (Tabla 2), pero sobrevivieron hasta los 40 días, tiempo que duró el experimento. Las diferencias en fecundidad de acuerdo con la dieta de *U. nigrotibium* con/sin polen se presentan en las figuras (Fig. 1A y Fig. 1B).

La duración del estado de huevo (días) fue significativamente mayor cuando las hembras de *H. convergens* fueron alimentadas de *U. nigrotibium* y polen de *P. hysterophorus*, comparado con *R. maidis* y el polen de *Z. mays*, así como, cuando consumieron únicamente *U. nigrotibium* en lugar de *R. maidis* y polen de maíz. El tiempo de eclosión fue similar en el consumo de *U. nigrotibium* y la dieta mixta

de este áfido con polen de *P. hysterophorus* (Tabla 2).

Tiempo de desarrollo, supervivencia de los estadios inmaduros y proporción sexual de *H. convergens*:

La duración del estado de huevo se presentó en la Tabla 2. *Hippodamia convergens* mostró cuatro o cinco estadios (Tabla 3). Al comparar los estadios de *H. convergens* de acuerdo con la dieta, el consumo de *U. nigrotibium* generó una duración significativamente mayor en los estadios uno (4.12 días), tres (3.04 días) y la pupa (4.57 días) (Tabla 3).

El tiempo de desarrollo huevo-adulto fue significativamente mayor cuando *H.*



TABLE 3
Duración de los estados inmaduros en días (media \pm EE) de *H. convergens* alimentados con *U. nigrotibium* y *R. maidis*, a 25 °C \pm 0.5; 75 \pm 1.75 % HR; fotoperiodo L12:D12, y fotofase LS5-Light Storm

	<i>U. nigrotibium</i>	n	<i>R. maidis</i>	n
Huevo	4.0 \pm 0.00	9	No ovipositó	
L1*	4.12 \pm 0.198 a	74	2.78 \pm 0.092 b	76
L2	2.43 \pm 0.109 a	72	2.16 \pm 0.081 a	74
L3**	3.04 \pm 0.152 a	72	2.28 \pm 0.111 b	74
L4	4.37 \pm 0.128 a	62	4.33 \pm 0.102 a	66
L5	4.44 \pm 0.175 a	9	4.33 \pm 0.333 a	3
Prepupa	1.08 \pm 0.033 a	70	1.15 \pm 0.043 a	71
Pupa §	4.57 \pm 0.062 a	70	4.11 \pm 0.073 b	71

* (U = 1 371, T = 7 028, P < 0.001), ** (U = 1 585, T = 6 371, P < 0.001), § (U = 1 501, T = 5 954, P < 0.001), Mann-Whitney Rank Sum Test.

convergens consumió *U. nigrotibium* comparado con *R. maidis* (Tabla 4). La supervivencia estadio 1-adulto no estuvo influenciada por la especie de presa consumida, ni tampoco, la proporción de hembras (Tabla 4).

Parámetros demográficos: La tasa intrínseca de crecimiento natural r_m y la tasa neta reproductiva R_o fueron mayores cuando las hembras de *H. convergens* fueron alimentadas con *U. nigrotibium* y polen de *P. hysterophorus* (0.055 y 22.077 respectivamente), seguido cuando las hembras fueron alimentadas con *U. nigrotibium* (0.034 y 6.512) y, por último, cuando consumieron *R. maidis* con polen de *Zea mays* (0.019 y 3.265).

La tasa de depredación del áfido *R. maidis* fue significativamente más alta que la del áfido *U. nigrotibium* tanto en el estadio uno (U = 1 521, T = 4 221.5, P < 0.001), dos (U = 2 064, T = 4 692, P = 0.035), cuatro (U = 528, T = 2 481, P < 0.0001), y cinco (U = 0, T = -9.12, P < 0.001) del depredador, excepto para el estadio tres (U = 2 256, T = 4 883.5, P = 0.1794) (Tabla 5). Por consiguiente, la tasa de depredación de *R. maidis* también fue más alta en comparación con la de *U. nigrotibium* (U = 571, T = 2 524, P < 0.001), desde el estadio uno hasta el estadio cinco de *H. convergens* (Fig. 2).

Teniendo en cuenta una misma dieta de áfidos y las tasas de depredación entre los estadios de *H. convergens*, las larvas que

TABLE 4
Tiempo de desarrollo (días) huevo-adulto (media \pm EE), supervivencia estadio uno-adulto y proporción sexual (hembra: macho) de *Hippodamia convergens* alimentadas con *Uroleucon nigrotibium* y *Rhopalosiphum maidis*

	<i>U. nigrotibium</i>	n	<i>R. maidis</i>	n
*Tiempo de desarrollo	24.60 \pm 0.252 a	70	21.36 \pm 0.099 b	69
§ Supervivencia	85 %	68	83.75 %	67
‡ Proporción sexual	1:0.88	66	1: 1.09	67

* Valores significativamente diferentes entre columnas: Mann-Whitney Rank Sum Test (U = 149, P < 0.001). * Significantly different values between columns: Mann-Whitney Rank Sum Test (U = 149, P < 0.001). §. Chi-cuadrado ($X^2 = 0.054$, gl = 1, P = 0.001). ‡. Mann-Whitney Rank Sum Test (U = 2 327.5, T = 4 305.5, P = 0.547).

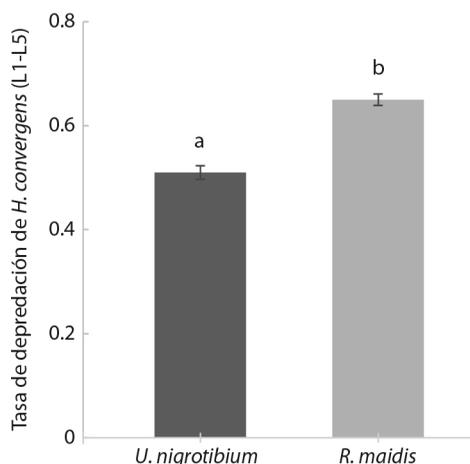


Fig. 2. Tasa de depredación de *Hippodamia convergens* (L1-L5) alimentado con *Uroleucon nigrotibium* (n = 62) y *Rhopalosiphum maidis* (n = 66). Letras distintas indican diferencias estadísticas entre las tasas de depredación de las dos especies de áfidos consumidos. / **Fig. 2.** Predation rate of *Hippodamia convergens* (L1-L5) fed on *Uroleucon nigrotibium* (n = 62) and *Rhopalosiphum maidis* (n = 66). Different letters indicate statistical differences between the predation rates of the two species of aphids consumed.

consumieron *U. nigrotibium* presentaron tasas de depredación similar en los estadios dos y tres, así como cuatro y cinco, y se presentaron diferencias estadísticas significativas en el consumo de presas del estadio uno con los demás estadios (Tabla 5). Para la dieta basada en *R. maidis*, los estadios uno y dos, como también

cuatro y cinco de *H. convergens* obtuvieron una tasa de depredación similar, mientras que el estadio tres presentó diferencias estadísticas significativas con los demás estadios (Tabla 5).

DISCUSIÓN

Nuestros resultados mostraron que las inflorescencias de *S. halepense*, *P. hysterophorus* y *Z. mays* son fuente de polen y no de fructosa para el depredador *H. convergens*. *Sorghum halepense* puede producir hasta 22 millones de granos de polen por inflorescencia en antesis (Prieto-Baena et al., 2003), pero no hay información sobre su producción de azúcar floral. El polen de *Z. mays* es abundante durante la antesis, cada inflorescencia produce de dos a cinco millones de granos de polen durante aproximadamente ocho días, conteniendo azúcares, amilopectina y otros nutrientes (Lundgren & Wiedenmann, 2004); siendo fuente alimenticia para el desarrollo y reproducción de *Coleomegilla maculata* De Geer 1775 (Coleoptera: Coccinellidae) (Lundgren & Wiedenmann, 2004; Michaud & Grant, 2005). *Parthenium hysterophorus* es visitada por abejas que no transportan polen ni consumen azúcar (Fernández et al., 2001), aunque este polen contiene carbohidratos (Gupta & Chanda, 1991). Nyasembe et al. (2015)

TABLE 5

Tasa de depredación (media ± EE) de *Uroleucon nigrotibium* y *Rhopalosiphum maidis* en diferentes estados larvales (L1 a L5) de *Hippodamia convergens*

TABLE 5

Predation rate (mean ± SE) of *Uroleucon nigrotibium* and *Rhopalosiphum maidis* in different larval stages (L1 to L5) of *Hippodamia convergens*

Dieta	L1	L2	L3	L4	L5
* <i>U. nigrotibium</i>	0.34 ± 0.027aA n:73	0.60 ± 0.054bA n:72	0.62 ± 0.073bA n:72	0.75 ± 0.034dA n:62	0.98 ± 0.047dA n:9
** <i>R. maidis</i>	0.48 ± 0.022aB n: 76	0.61 ± 0.023aA n:72	0.70 ± 0.086bA n:72	1.03 ± 0.029cB n:66	1.78 ± 0.033cB n:3

Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticas entre columnas. Letras mayúsculas distintas indica diferencias entre filas (Man-Whitney $P < 0.05$, ver texto). * Kruskal-Wallis, ($H = 98.7$, $gl = 6$, $P < 0.0001$) seguido de la prueba de Dunn. ** Kruskal-Wallis, ($H = 182.1$, $gl = 6$, $P < 0.0001$) seguido de la prueba de Dunn. / Different lowercase letters indicate statistical differences between columns. Different capital letters indicate differences between rows (Man-Whitney $P < 0.05$, see text). * Kruskal-Wallis, ($H = 98.7$, $df = 6$, $P < 0.0001$) followed by Dunn's test. ** Kruskal-Wallis, ($H = 182.1$, $df = 6$, $P < 0.0001$) followed by Dunn's test.



encontraron que *P. hysterothorus* no ofreció fructosa al mosquito *Anopheles gambiae* Giles 1902 (Diptera: Culicidae), pero si azúcar en forma de glucosa, manosa, sacarosa y maltosa. Esto sugiere que, en nuestros experimentos *H. convergens* pudo alimentarse de otros tipos de azúcares de las inflorescencias de *P. hysterothorus* que no fueron detectados por la prueba de antrona fría.

La ingesta de polen por coccinélidos puede aumentar su longevidad y fecundidad (Lundgren, 2009), pero las dietas mixtas especialmente con polen, son las más adecuadas para su desarrollo (Nielsen et al., 2002; Schuldiner-Harpaz & Coll, 2017), que solo el consumo de áfidos o de huevos de lepidópteros (Sayed & El Arnaouty, 2016). El polen además de proporcionar nutrientes (Patt et al., 2003), puede contener compuestos que estimulan la ingesta del depredador (Berkvens et al., 2008), pero también producir tasas de desarrollo y reproducción reducidas (Lundgren, 2009; Sayed & El Arnaouty, 2016). En nuestro estudio la fecundidad de *H. convergens* fue significativamente mayor cuando se alimentó del áfido *U. nigrotibium* con polen de *P. hysterothorus*. La contribución del áfido se dio probablemente por su mayor tamaño o porque presenta nutrientes esenciales para la oogénesis (Reznik & Vaghina, 2013). De manera similar *H. convergens* no ovipositó cuando consumió solo al áfido *R. maidis*, pero si lo hizo cuando lo consumió combinado con polen. Tal vez la falta de oviposición se debió a una diapausa reproductiva (Michaud & Qureshi, 2006; Reznik & Vaghina, 2013), presentada por baja calidad alimenticia al consumir solamente *R. maidis* (Michaud & Qureshi, 2006), lo que afecta la ovogénesis y la regulación neurohormonal (Reznik & Vaghina, 2013). Sin embargo, la adición de polen permitió la oviposición de *H. convergens*, con menor cantidad de huevos que en los otros dos tratamientos.

La especie de presa puede afectar el desarrollo de los estadios inmaduros de los coccinélidos. En nuestro estudio la duración de los estadios larvales y pupa de *H. convergens* dependió del tipo de presa consumido, similar

a lo reportado por Santos et al. (2013) y Arshad et al. (2020). Sin embargo, la supervivencia del estadio uno-adulto fue siempre superior al 80 %, lo que indica que fue independiente de la presa consumida. De forma controversial, la supervivencia de *H. convergens* fue baja al consumir *Aphis craccivora* Koch, 1854 (Jackson et al., 2017), pero alta al consumir los áfidos *Schizaphis graminum* Rondani, 1852 y *Rhopalosiphum padi* Linnaeus 1758 (Phoofolo et al., 2007). La proporción sexual de *H. convergens* al consumir *U. nigrotibium* o *R. maidis* fue 1:1, resultados similares fueron encontrados al ser alimentado con *Diaphorina citri* Kuwayama 1908, *Toxoptera citricidus* Kirkaldy 1907, *S. graminum* y *R. padi* (Phoofolo et al., 2007), *Aphis spiraecola* Patch 1914 y huevos de *Ephestia kuehniella* Zeller 1879 (Qureshi & Stansly, 2011). Estos resultados indican que la especie de presa no afecta la proporción sexual de *H. convergens*.

Una mayor fecundidad de *H. convergens* y con supervivencia del 85 % durante 40 días al consumir *U. nigrotibium* con polen de *P. hysterothorus*, reflejó valores más altos de la tasa neta reproductiva R_o y de la tasa intrínseca de crecimiento natural r_m , comparados con el consumo de solo *U. nigrotibium* o de *R. maidis* y polen de *Z. mays*. Dado que nuestros datos se tomaron durante 40 días, no fue posible compararlos con los de otros autores quienes han medido estos parámetros hasta la muerte de las hembras (Berkvens et al., 2008; Castro-Guedes et al., 2016; Vargas et al., 2012).

Aunque consumir *U. nigrotibium* incrementó la fecundidad de *H. convergens* tuvo un efecto inverso sobre el tiempo de desarrollo huevo-adulto. La presa consumida puede afectar de forma diferencial a la larva o al adulto de los coccinélidos. Jessie et al. (2015) encontraron que las especies de áfidos presa ofrecidas, no afectaron la supervivencia de los adultos de *H. convergens*, pero disminuyeron tanto el tiempo de desarrollo como el peso del adulto al consumir los áfidos *Brevicoryne brassicae* Linnaeus 1758 y *L. erysimi*, comparado con *M. persicae* (Sulzer 1776). Estas diferencias se atribuyen a que las dos presas mencionadas

son pulgones especialistas en *Brassica napus* Linnaeus 1753 (Brassicales: Brassicaceae), potencialmente tóxicos para los coccinélidos por el posible secuestro de compuestos químicos proveniente de la planta hospedera (Pervez & Yadav, 2018). *Uroleucon nigrotibium* se alimenta de *P. hysterophorus*, considerada una de las plantas invasoras más agresivas (Adkins & Shabbir, 2014) por sus propiedades alelopáticas (Singh et al., 2003). Por lo anterior, es probable que *U. nigrotibium* secuestre algunos compuestos tóxicos para *H. convergens*, lo que explicaría nuestros resultados, pero, esto debe ser estudiado más a fondo.

Pese a que no fue estudiado el tamaño del áfido, pudo influenciar el tiempo de desarrollo y la tasa de depredación de *H. convergens*. Dado que *U. nigrotibium* es más grande que *R. maidis* es posible que la digestión del áfido sea más lenta por parte del depredador, lo que incrementó su tiempo de desarrollo. Por ejemplo, el coccinélido *Propylea quatuordecimpunctata* Linnaeus 1758 presentó una digestión lenta al consumir a *Aphis fabae* Scopoli 1763, lo que aumentó su tiempo de desarrollo y limitó su actividad depredadora (Papanikolaou et al., 2014). Precisamente en nuestro estudio, *H. convergens* presentó una tasa de depredación menor en *U. nigrotibium*, el áfido más grande, que en *R. maidis*. Ante un mayor tamaño de la presa, la respuesta funcional del depredador podría estar influenciado por el efecto de saciedad y el incremento en el tiempo de manipulación de la presa (Shrestha & Parajulee, 2013), lo que se reflejó en una tasa de depredación menor.

Nuestros resultados indicaron la importancia de las plantas no cultivadas *P. hysterophorus* y *Z. mays*, como fuente de polen y de los áfidos presa *U. nigrotibium* y *R. maidis* para el depredador *H. convergens*. Muchos estudios han reportado la importancia de la vegetación no cultivada como fuente de alimento y refugio de enemigos naturales (Amaral et al., 2015; Bischoff et al., 2016; Smith et al., 2015).

Nuestra primera hipótesis no se cumple, dado que la tasa de depredación fue más alta

sobre *R. maidis* que sobre *U. nigrotibium* y, el consumo de *U. nigrotibium* prolongó el tiempo de desarrollo de *H. convergens*. Nuestra segunda hipótesis fue aceptada parcialmente, puesto que la combinación de polen de *P. hysterophorus* - *U. nigrotibium* si aumentó la fecundidad de *H. convergens*, sin embargo, al consumir únicamente *R. maidis* el depredador no oviposó. Contrario al concepto de maleza, nuestros resultados sugieren que la presencia de *P. hysterophorus* en el agroecosistema favorecería la conservación de *H. convergens* particularmente cuando disminuye la densidad de presas en el cultivo principal. Mantener esta planta en los alrededores del cultivo donde no compita directamente con él, conllevaría a un menor uso de herbicidas y a implementar podas para su mantenimiento. Ambas prácticas son ambientalmente amigables y compatibles con el control biológico por conservación de *H. convergens* en el agroecosistema de ají.

Declaración de ética: los autores declaran que todos están de acuerdo con esta publicación y que han hecho aportes que justifican su autoría; que no hay conflicto de interés de ningún tipo; y que han cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira UNALP (Hermes 37707, Hermes 31990, Hermes 31256 y Hermes 39271) y al Fondo CTeI-Sistema General de Regalías (BPIN 2013000100007) por financiar esta investigación. A Hugo Restrepo & Cia. S.A. por permitirnos muestrear en sus cultivos de ají. A la Corporación colombiana de investigación agropecuaria Agrosavia, Palmira por permitir muestrear áfidos en sus cultivos de maíz.



RESUMEN

Introducción: Mantener poblaciones de insectos depredadores en el agroecosistema ofreciéndoles presas y recursos alimenticios provenientes de las plantas es importante para mejorar el control biológico y contribuir con la conservación.

Objetivo: Determinar si el consumo de presas y recursos alimenticios florales potencia los atributos biológicos del depredador *Hippodamia convergens*.

Métodos: Las larvas de *Hippodamia convergens* fueron alimentadas con dos especies de áfidos, mientras que los adultos fueron alimentados con áfidos, espigas de maíz y dos especies de plantas no cultivadas. La presencia de azúcar en el intestino del depredador se comprobó mediante la prueba de antronas frías, y la presencia de polen mediante el método de acetólisis. Los experimentos demográficos se realizaron durante los primeros 40 días después de la emergencia de la hembra bajo condiciones controladas (25 °C ± 0.5; 75 % ± 1.75 HR; L12:D12).

Resultados: *H. convergens* no consumió fructosa de *Sorghum halepense*, *Parthenium hysterophorus* o *Zea mays*, sino únicamente polen. En condiciones controladas (25 °C ± 0.5, 75 % ± 1.75 HR), el tiempo de desarrollo (huevo-adulto) del depredador fue más corto (21.36 días) cuando consumió *Rhopalosiphum maidis* en lugar de *Uroleucon nigrotibium* (24.6 días), mientras que la supervivencia (L1- adulto) y la proporción sexual no cambió. La fecundidad promedio fue mayor (55.5 huevos / 40 días) al consumir *U. nigrotibium* con polen de *P. hysterophorus*, que solo *U. nigrotibium* (22.5 huevos / 40 días), o *R. maidis* con polen de *Zea mays* (11 huevos / 40 días). La tasa intrínseca de crecimiento natural fue mayor al consumir *U. nigrotibium* con polen de *P. hysterophorus* (0.055), que *U. nigrotibium* (0.034) o *R. maidis* con polen de *Z. mays* (0.019). La tasa de depredación (L1-L5) fue mayor al consumir *R. maidis* (0.65) que *U. nigrotibium* (0.51).

Conclusiones: Las especies de áfidos y su combinación con polen de plantas no cultivadas afectan de manera diferente el tiempo de desarrollo, reproducción y tasa de depredación de *H. convergens*.

Palabras clave: acetólisis; áfido; antrona; control biológico; conservación; polen.

REFERENCIAS

- Adkins, S., & Shabbir, A. (2014). Biology, ecology, and management of the invasive parthenium weed (*Parthenium hysterophorus* L.). *Pest Management Science*, 70, 1023–1029. <https://doi.org/10.1002/ps.3708>
- Amaral, D. S. S. L., Venzon, M., Duarte, V. A., Sousa, F. F., Pallini, A., & Harwood, J. D. (2013). Non-crop vegetation associated with chili pepper agroecosystems promote the abundance and survival of aphid predators. *Biological Control*, 64(3), 338–346. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.12.006>
- Amaral, D. S. S. L., Venzon, M., Perez, A. L., Schmidt, J. M., & Harwood, J. D. (2015). Coccinellid interactions mediated by vegetation heterogeneity. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 156(2), 160–169. <https://doi.org/10.1111/eea.12319>
- Arshad, M., Ullah, M. I., Shahid, U., Tahir, M., Khan, M. I., Rizwan, M., Abrar, M., & Niaz, M. M. (2020). Life table and demographic parameters of the coccinellid predatory species, *Hippodamia convergens* Guérin-Ménéville (Coleoptera: Coccinellidae) when fed on two aphid species. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30, 1–8. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00280-7>
- Bacaër, N. (2011). Lotka, Volterra and the predator-prey system (1920–1926). In *A Short History of Mathematical Population Dynamics* (pp. 71–76). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-85729-115-8_13
- Begg, G. S., Cook, S. M., Dye, R., Ferrante, M., Franck, P., Lavigne, C., Lövei, G. L., Mansion-Vaquie, A., Pell, J. K., Petit, S., Quesada, N., Ricci, B., Wratten, S. D., & Birch, A. N. E. (2017). A functional overview of conservation biological control. *Crop Protection*, 97, 145–158. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.11.008>
- Berkvens, N., Bonte, J., Berkvens, D., Deforce, K., Tirry, L., & De Clercq, P. (2008). Pollen as an alternative food for *Harmonia axyridis*. *BioControl*, 53, 201–210. <https://doi.org/10.1007/s10526-007-9128-7>
- Bianchi, F. J. J. A., Booij, C. J. H., & Tscharntke, T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: A review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273, 1715–1727. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3530>
- Bischoff, A., Pollier, A., Lamarre, E., Salvadori, O., Cortesero, A. M., Le Ralec, A., Tricault, Y., & Jaloux, B. (2016). Effects of spontaneous field margin vegetation and surrounding landscape on *Brassica oleracea* crop herbivory. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 223, 135–143. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.02.029>
- Bouvet, J. P. R., Urbaneja, A., & Monzo, C. (2019). Life history traits of the coccinellids *Scymnus subvillosus* and *S. interruptus* on their prey *Aphis spiraecola* and *A. gossypii*: Implications for biological control of aphids in clementine citrus. *Biological Control*, 132, 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.02.002>
- Carey, J. R. (1993). *Applied Demography for Biologists with Special Emphasis on Insects*. Oxford University Press Inc.
- Castro-Guedes, C. F., De Almeida, L. M., Do Rocio Chiallo Pentead, S., & Moura, M. O. (2016). Effect of different diets on biology, reproductive variables and life and fertility tables of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera, Coccinellidae). *Revista Brasileira de*

- Entomologia*, 60, 260–266. <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2016.03.003>
- Chen, M. L., Huang, Y. H., Qiu, B. Y., Chen, P. T., Du, X. Y., Sen Li, H., & Pang, H. (2020). Changes in life history traits and transcriptional regulation of Coccinellini ladybirds in using alternative prey. *BMC Genomics*, 21, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12864-020-6452-0>
- Chilumuru, R. M., Arun, C. S., Lakkineni, K. C., & Bala, C. (2015). Determination of organophosphate insecticide (Chlorpyrifos) in cabbage, cauliflower and capsicum by high performance liquid chromatography. *Der Pharmacia Lettre*, 7, 1–8.
- Dáttillo, W., & Rico-Gray, V. (2018). *Ecological Networks in the Tropics: An integrative overview of species interactions from some of the most species-rich habitats on earth* (pp. 207). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68228-0>
- Daya, S. (2001). Yates' continuity correction. *Evidence-based Obstetrics and Gynecology*, 3, 169. <https://doi.org/10.1054/ebog.2001.0301>
- Erdtman, G. (1969). *Handbook of palynology. Morphology, taxonomy, ecology. An introduction to the study of pollen grains and spores*. Hafner Publishing Co.
- Evans, E. W. (2009). Lady beetles as predators of insects other than Hemiptera. *Biological Control*, 51, 255–267. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.05.011>
- Fernández, T., José, L., Garcés, G., Portuondo, F., Valdés, T., & Expósito, E. (2001). Insectos asociados con flores de malezas del Jardín Botánico de Santiago de Cuba, con énfasis en Hymenoptera. *Revista de Biología Tropical*, 49, 1013–1026.
- Flint, M. L., Dreistadt, S. H., Clark, J. K., & University of California Integrated Pest Management Program. (1998). *Natural enemies handbook: The illustrated guide to biological pest control*. University of California Press.
- Giorgi, J. A., Vandenberg, N. J., Mchugh, J. V., Forrester, J. A., lipi ski, S. A., Miller, K. B., Shapiro, L. R., & Whiting, M. F. (2009). The evolution of food preferences in Coccinellidae. *Biological Control*, 51, 215–231. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.05.019>
- Guigón-Guigón, C. L., & González-González, P. A. (2007). Manejo de plagas en el cultivo de chile y su impacto ambiental en la zona agrícola de Jiménez-Villa López, Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua I*, 1, 36–47.
- Gupta, S., & Chanda, S. (1991). Aerobiology and some chemical parameters of *Parthenium hysterophorus* pollen. *Grana*, 30, 497–503.
- Hernández, L. M., Otero, J. T., & Manzano, M. R. (2013). Biological control of the greenhouse whitefly by *Amitus fuscipennis*: Understanding the role of extrafloral nectaries from crop and non-crop vegetation. *Biological Control*, 67, 227–234. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.08.003>
- Hosseini, A., Hosseini, M., Michaud, J. P., Modarres Awal, M., & Ghadamyari, M. (2019). Life history responses of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) to changes in the nutritional content of its prey, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), mediated by nitrogen fertilization. *Biological Control*, 130, 27–33. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.12.007>
- Jackson, D., González, G., Jackson, T., & Rothmann, S. (2010). Agregaciones de *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) en la Región del Maule, Chile. *Revista Chilena de Entomología*, 35, 89–94.
- Jackson, K. A., Mccord, J. S., & White, J. A. (2017). A window of opportunity: Subdominant predators can use suboptimal prey. *Ecology and Evolution*, 7, 5269–5275. <https://doi.org/10.1002/ece3.3139>
- Jessie, W. P., Giles, K. L., Rebek, E. J., Payton, M. E., Jessie, C. N., & Mccornack, B. P. (2015). Preference and performance of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Brevicoryne brassicae*, *Lipaphis erysimi*, and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) from winter-adapted canola. *Environmental Entomology*, 44, 880–889. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv068>
- Junior, A. L. B., Dos Santos, T. M. D., & Kuranishi, A. K. (2004). Desenvolvimento larval e capacidade predatória de *Cycloneda sanguinea* (L.) e *Hippodamia convergens* Guérin-Men. alimentadas com *Aphis gossypii* Glover sobre cultivares de algodoeiro. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 26, 239–244. <https://doi.org/10.4025/actasagrion.v26i2.1892>
- Katsarou, I., Margaritopoulos, J. T., Tsitsipis, J. A., Perdakis, D. C., & Zarpas, K. D. (2005). Effect of temperature on development, growth and feeding of *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia convergens* reared on the tobacco aphid, *Myzus persicae nicotianae*. *BioControl*, 50, 565–588. <https://doi.org/10.1007/s10526-004-2838-1>
- Li, Y., Zhou, X. R., Duan, W. C., & Pang, B. P. (2015). Food consumption and utilization of *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) is related to host plant species of its prey, *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). *Acta Entomologica Sinica*, 10, 1091–1097. <https://doi.org/10.16380/j.kexb.2015.10.007>
- Lundgren, J. G., Razzak, A. A., & Wiedenmann, R. N. (2004). Population responses and food consumption by predators *Coleomegilla maculata* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) during anthesis in an Illinois cornfield. *Environmental Entomology*, 33, 958–963. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-33.4.958>
- Lundgren, J. G., & Wiedenmann, R. N. (2004). Nutritional suitability of corn pollen for the predator *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae).



- Journal of Insect Physiology*, 50, 567–575. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2004.04.003>
- Lundgren, J. G. (2009). Nutritional aspects of non-prey foods in the life histories of predaceous Coccinellidae. *Biological Control*, 51, 294–305. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.05.016>
- Melo-Cerón, C. I., & Manzano, M. R. (2017). Diversidad de áfidos y sus enemigos naturales presentes en plantas acompañantes de cultivos de ají en el Valle del Cauca, Colombia. *Coloquio Biodiversidad, Ecología y Agroecosistemas en Cali*. Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Michaud, J. P., & Grant, A. K. (2005). Suitability of pollen sources for the development and reproduction of *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) under simulated drought conditions. *Biological Control*, 32, 363–370. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.11.001>
- Michaud, J. P., & Qureshi, J. A. (2006). Reproductive diapause in *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) and its life history consequences. *Biological Control*, 39, 193–200. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.04.004>
- Moreira, E. F., Boscolo, D., & Viana, B. F. (2015). Spatial heterogeneity regulates plant-pollinator networks across multiple landscape scales. *PLoS ONE*, 10, 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137183>
- Narváez, A., Cancino, J., Daza, N. C., & Wyckhuys, K. A. G. (2012). Effect of different dietary resources on longevity, carbohydrate metabolism, and ovarian dynamics in two fruit fly parasitoids. *Arthropod-Plant Interactions*, 6, 361–374. <https://doi.org/10.1007/s11829-012-9188-1>
- Nemes, K., & Salánki, K. (2020). A multiplex RT-PCR assay for the simultaneous detection of prevalent viruses infecting pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Virological Methods*, 278, 113838. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2020.113838>
- Nielsen, F. H., Hauge, M. S., & Toft, S. (2002). The influence of mixed aphid diets on larval performance of *Coccinella septempunctata* (Col., Coccinellidae). *Journal of Applied Entomology*, 126, 194–197. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0418.2002.00629.x>
- Nyasembe, V. O., Cheseto, X., Kaplan, F., Foster, W. A., Teal, P. E. A., Tumlinson, J. H., Borgemeister, C., & Torto, B. (2015). The invasive American weed *Parthenium hysterophorus*, can negatively impact malaria control in Africa. *PLoS ONE*, 10, 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0137836>
- Obyrcki, J. J., Harwood, J. D., Kring, T. J., & O'Neil, R. J. (2009). Aphidophagy by Coccinellidae: Application of biological control in agroecosystems. *Biological Control*, 51, 244–254. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.05.009>
- Obyrcki, J. J., & Kring, T. J. (1998). Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annual Review of Entomology*, 43, 295–321. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.295>
- Papanikolaou, N. E., Milonas, P. G., Demiris, N., Papa-christos, D. P., & Matsinos, Y. G. (2014). Digestion limits the functional response of an aphidophagous coccinellid (Coleoptera: Coccinellidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 107, 468–474. <https://doi.org/10.1603/AN13088>
- Patt, J. M., Wainright, S. C., Hamilton, G. C., Whittinghill, D., Bosley, K., Dietrick, J., & Lashomb, J. H. (2003). Assimilation of carbon and nitrogen from pollen and nectar by a predaceous larva and its effects on growth and development. *Ecological Entomology*, 28, 717–728. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2003.00556.x>
- Pervez, A., & Yadav, M. (2018). Foraging behaviour of predaceous ladybird beetles: A review. *European Journal of Environmental Sciences*, 8, 102–108. <https://doi.org/10.14712/23361964.2018.14>
- Phoofolo, M. W., Giles, K. L., & Elliott, N. C. (2007). Quantitative evaluation of suitability of the greenbug, *Schizaphis graminum*, and the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi*, as prey for *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control*, 41, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.12.017>
- Prieto-Baena, J. C., Hidalgo, P. J., Domínguez, E., & Galán, C. (2003). Pollen production in the Poaceae family. *Grana*, 42, 153–159. <https://doi.org/10.1080/00173130310011810>
- Qureshi, J. A., & Stansly, P. A. (2011). Three homopteran pests of citrus as prey for the convergent lady beetle: Suitability and preference. *Environmental Entomology*, 40, 1503–1510. <https://doi.org/10.1603/EN11171>
- Reznik, S. Y., & Vaghina, N. P. (2013). Effects of photoperiod and diet on diapause tendency, maturation and fecundity in *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Applied Entomology*, 137, 452–461. <https://doi.org/10.1111/jen.12016>
- Santos, K. F. A., Zanuzo Zanardi, O., Morais, M. R., Jacob, C. R. O., De Oliveira, M. B., & Yamamoto, P. T. (2017). The impact of six insecticides commonly used in control of agricultural pests on the generalist predator *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). *Chemosphere*, 186, 218–226. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.07.165>
- Santos, L., Santos-Cividanes, T. M. D., Cividanes, F. J., & Matos, S. T. S. D. (2013). Biological aspects of *Harmonia axyridis* in comparison with *Cycloneda sanguinea* and *Hippodamia convergens*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48, 1419–1425. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001100001>

- Sayed, S. M., & El Arnaouty, S. A. (2016). Effect of corn pollens, as supplemental food, on development and reproduction of the predatory species, *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26, 457–461.
- Schuldiner-Harpaz, T., & Coll, M. (2017). Estimating the effect of plant-provided food supplements on pest consumption by omnivorous predators: lessons from two coccinellid beetles. *Pest Management Science*, 73, 976–983. <https://doi.org/10.1002/ps.4410>
- Shrestha, R. B., & Parajulee, M. N. (2013). Potential cotton aphid, *Aphis gossypii*, population suppression by arthropod predators in upland cotton. *Insect Science*, 20, 778–788. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2012.01583.x>
- Simbaqueba, R., & Serna, F. (2021). Áfidos (Hemiptera: Aphididae) de Colombia, con nuevos registros para el norte de Sudamérica. *Caldasia*, 43(1), 1–27. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n3.77979>
- Singh, H. P., Batish, D. R., Pandher, J. K., & Kohli, R. K. (2003). Assessment of allelopathic properties of *Parthenium hysterophorus* residues. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 95, 537–541. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(02\)00202-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(02)00202-5)
- Smith, I. M., Hoffmann, A. A., & Thomson, L. J. (2015). Coccinellid abundance in shelterbelts is affected more by adjacent crop type and aphid abundance than vegetation characteristics. *Biological Control*, 87, 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.04.004>
- Systat. (2016). Sigstastat (Software. Version 4). California, United States of America.
- Tálaga-Taquinas, W., Melo-Cerón, C. I., Lagos-Álvarez, Y. B., Duque-Gamboa, D. N., Toro-Perea, N., & Manzano, M. R. (2020). Identification and life history of aphids associated with chili pepper crops in southwestern Colombia. *Universitas Scientiarum*, 25, 175–200. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC25-2.ialh>
- Thomson, L. J., & Hoffmann, A. A. (2013). Spatial scale of benefits from adjacent woody vegetation on natural enemies within vineyards. *Biological Control*, 64, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.09.019>
- Vargas, G., Michaud, J. P., & Nechols, J. R. (2012). Larval food supply constrains female reproductive schedules in *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 105, 832–839. <https://doi.org/10.1603/AN12010>
- Weber, D. C., & Lundgren, J. G. (2009). Assessing the trophic ecology of the Coccinellidae: Their roles as predators and as prey. *Biological Control*, 51, 199–214. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.05.013>